

Sistem Parkir Berbasis RFID dan Pengenalan Citra Pelat Nomor Kendaraan

Eko Didik Widiyanto, Herrizal Muhammad Wijaya^{*)}, Ike Pertiwi Windasari

*Program Studi Sistem Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275*

Abstract- *The length of time in manually recording vehicle license plates in the parking system leads to long vehicle queues. This research developed automatic parking system based on RFID and vehicle plate number recognition. Authentication used a camera and Arduino Uno as the controller for RFID reading, feedback and gatekeeper control. The system will compare the characters image and RFID in the record of database to authorize a vehicle. Image processing was done by contour analysis method and had 91% in accuracy at 60 cm of distance and 131.89 milliseconds of reading speed. The system had been able to work to automatically open and close gates based on the match of RFID and vehicle plate number recognition.*

Keywords – *Contour analysis; Arduino Uno; Image processing; RFID; Automatic parking system*

Abstrak - *Waktu yang lama saat pencatatan pelat nomor kendaraan secara manual di sistem parkir menimbulkan antrean. Penelitian ini mengembangkan sistem parkir otomatis berbasis RFID dan pengolahan citra pelat nomor kendaraan. Autentikasi menggunakan kamera untuk pengambil gambar pelat nomor dan Arduino Uno sebagai kontroler untuk pembaca RFID, pemberi umpan balik dan pembuka gerbang. Sistem akan membandingkan karakter citra dan RFID pada database untuk menentukan izin penggunaan kendaraan. Pengolahan citra menggunakan metode analisis kontur dan memiliki akurasi sebesar 91 % di jarak 60 cm dan kecepatan baca 131,89 milidetik. Sistem telah dapat bekerja untuk secara otomatis membuka dan menutup gerbang berdasarkan kecocokan kartu RFID dan pelat kendaraan.*

Kata Kunci - *Analisis kontur; Arduino Uno; Pengolahan citra; RFID; Sistem parkir otomatis*

I. PENDAHULUAN

Saat ini, teknologi otomatis atau sistem pintar dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan manusia, salah satunya adalah di bidang transportasi untuk keamanan dan kenyamanan sistem parkir kendaraan khusus. Sistem parkir yang dimaksud adalah bagi pengguna kendaraan yang ditempatkan pada tempat tertentu, contohnya sistem parkir di apartemen atau instansi tertentu. Salah satu aspek dalam sistem parkir otomatis adalah identifikasi objek untuk mendapatkan informasi dan memasukkan data itu langsung ke sistem

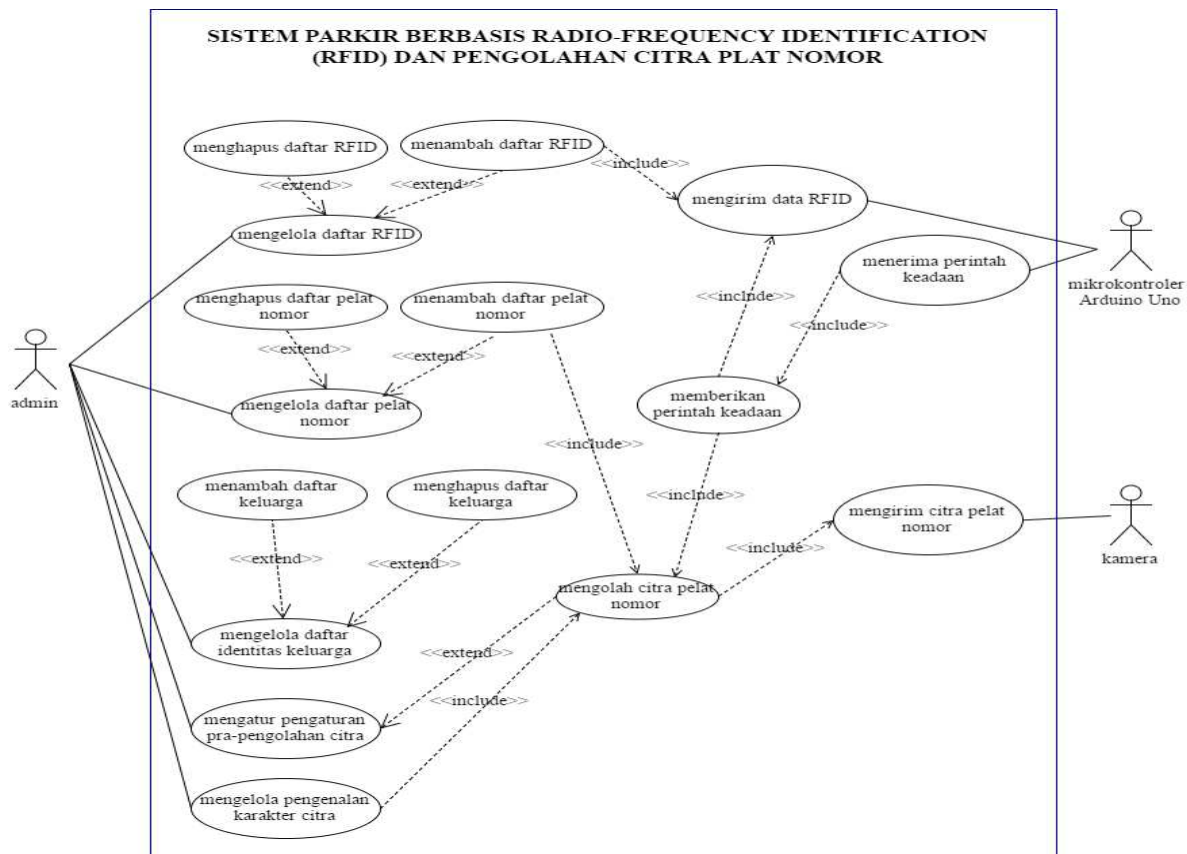
komputer tanpa keterlibatan manusia. Pengenalan objek kendaraan di sistem parkir dapat dilakukan dengan kartu RFID dan pengolahan citra pelat nomor kendaraan. Kedua jenis pengenalan tersebut informasi objek bisa diperoleh perlu ada kontak langsung.

Kartu RFID sering digunakan sebagai media otorisasi untuk akses ruangan dan tempat. Rachmat dan Hutabarat [1] serta Chamdun dkk. [2] mengembangkan sistem penguncian pintu ruangan otomatis berdasarkan pengecekan kartu RFID yang dimiliki oleh pengguna. Kemampuan RFID sebagai media pengenalan secara nirkabel menjadikannya dimanfaatkan dalam aplikasi parkir otomatis [3]-[5]. Kurniawan [6] mengaplikasikan sistem parkir berbasis RFID di area kampus yang diberikan kepada dosen, karyawan dan mahasiswa, sedangkan Kurniawan [7] mengaplikasikan RFID untuk pemilihan blok parkir di pusat perbelanjaan. Sushma [8] menerapkannya untuk sistem pemesanan parkir kendaraan. Sistem pemesanan tersebut dilakukan dengan SMS melalui jaringan GSM. Patil dan Bhonge [9] memanfaatkan RFID dan jaringan Zigbee untuk membantu pengendara menemukan lokasi parkir yang masih tersedia. Dalam penelitian-penelitian tersebut di atas, RFID digunakan sebagai media untuk memberikan akses parkir bagi pengguna.

Di sisi lain, beberapa sistem parkir menggunakan pengolahan citra untuk mengenali kendaraan yang hendak parkir. Triyadi [10], Wibisono [12] dan Elisya dkk. [11] mengembangkan otomatisasi gerbang parkir dengan membaca nomor pelat kendaraan. Kendaraan yang telah terdaftar dalam sistem akan mempunyai akses untuk masuk gerbang parkir. Imbar dan Arianto [13] menggunakan citra pelat nomor kendaraan dalam pengelolaan parkir di suatu gedung. Pembacaan citra pelat nomor dalam penelitian tersebut di atas menggunakan teknik OCR. Beberapa algoritma diterapkan dalam pengenalan OCR ini, antara lain *template matching* [14], [15] dan jaringan syaraf tiruan [16], [17].

Pemberian akses parkir ke pengguna dalam penelitian tersebut di atas dilakukan berdasarkan identifikasi kartu RFID atau nomor kendaraan. Penggunaan RFID masih rentan terhadap keamanan akses. Demikian juga jika hanya mengandalkan identifikasi pelat nomor kendaraan. Penelitian ini menggabungkan identifikasi kartu RFID dan pembacaan pelat nomor kendaraan untuk sistem otomatisasi parkir yang secara khusus sehingga dapat meningkatkan keamanan parkir. Sistem ini ditujukan untuk diterapkan di lingkungan berpenghuni tetap seperti apartemen atau rumah susun. Dalam sistem ini, relasi antara pengguna RFID dan nomor kendaraan dalam suatu keluarga

^{*)} Penulis korespondensi (H. M. Wijaya)
Email: h.muhammadw@ce.undip.ac.id



Gambar 1. Diagram use-case sistem parkir kendaraan

diterapkan, sehingga kartu RFID dan nomor kendaraannya bisa saling dikenali sebagai satu keluarga.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam 4 tahap yaitu analisis kebutuhan sistem, perancangan, implementasi dan pengujian sistem. Analisis kebutuhan sistem meliputi spesifikasi fungsional, perangkat keras, dan perangkat lunak. Perancangan dan implementasi menghasilkan purwa rupa berupa miniatur gerbang parkir yang siap diuji. Pengujian sistem meliputi pengujian fungsional dan performansi dari sistem.

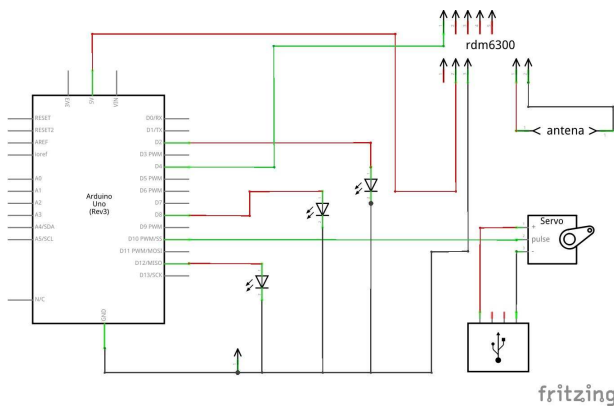
Kebutuhan fungsional dari sistem parkir ini yaitu sistem mampu mengolah dan membaca citra masukan menjadi nomor pelat nomor yang bisa dikirimkan ke kontroler melalui jalur serial. Sistem harus mampu melakukan autentikasi kendaraan berdasarkan pelat nomor dan RFID. Sistem menggunakan papan Arduino Uno dengan mikrokontroler ATmega 328 untuk mengontrol gerbang. Pembacaan pelat kendaraan dilakukan kamera yang terhubung ke komputer pengolah. Komputer berkomunikasi dengan papan Arduino Uno melalui antarmuka serial. Komponen yang terhubung dengan papan Arduino adalah RDM6300 sebagai pembaca RFID [18], 3 buah LED sebagai umpan balik tampilan dan motor servo sebagai penggerak gerbang. RFID menggunakan frekuensi 125 KHz. Perangkat lunak di komputer digunakan untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler Arduino, mengolah citra dan mengakses basis data. Pengelolaan sistem parkir dilakukan oleh Admin. Spesifikasi

kebutuhan fungsional sistem secara lengkap ditunjukkan dalam Gambar 1.

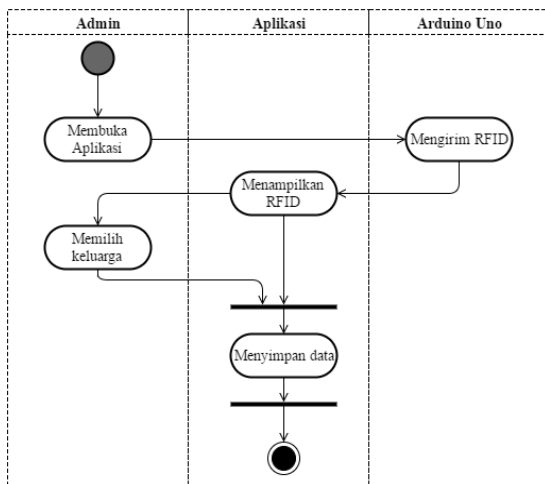
Pengembangan perangkat lunak komputer menggunakan bahasa pemrograman C# pada perangkat lunak *Visual Studio*. Aplikasi untuk mendukung fungsi akses basis data menggunakan MySQL pada XAMPP. Pengolahan citra menggunakan citra masukan dari kamera. Pembuatan perangkat lunak menggunakan *framework* .NET 4.5, pustaka *ContourAnalysis* dan *OpenCV*. Pengembangan perangkat lunak untuk papan Arduino dilakukan pada Arduino IDE dengan menggunakan bahasa pemrograman C. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian *white box* untuk menguji fungsi-fungsi yang ada di aplikasi Arduino secara rinci berdasarkan alur logikanya. Pengujian sistem keseluruhan dilakukan secara fungsional (*black box*) sesuai spesifikasi kebutuhan fungsional sistem. Jarak baca dan kecepatan pengenalan pelat kendaraan diuji dengan 100 kali percobaan dengan variasi jarak kamera dengan pelat.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

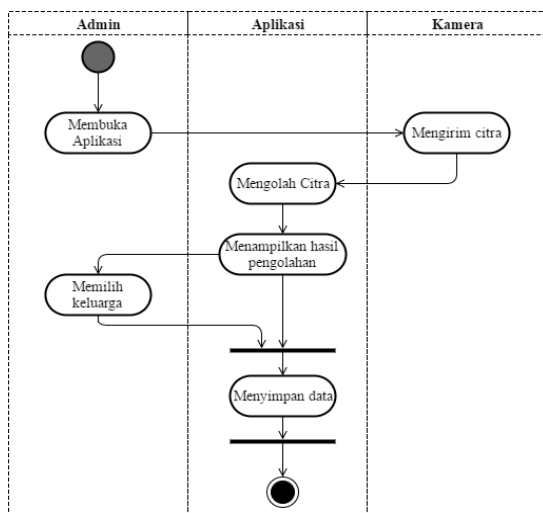
Perangkat keras sistem terdiri dari Arduino Uno, modul servo, modul RDM6300 dan 3 buah LED status. Arduino Uno bekerja sebagai pusat kendali dari sistem. Skematik perangkat keras sistem ditunjukkan dalam Gambar 2. Modul-modul terhubung dengan Arduino melalui pinnya masing-masing. Modul RDM6300 menggunakan antarmuka serial asinkron di pin D2 Arduino. Servo menggunakan antarmuka PWM di pin



Gambar 2. Skematik perangkat keras sistem



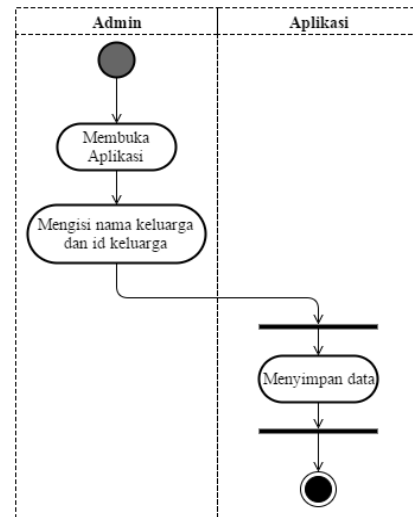
Gambar 3. Diagram aktivitas kelola database RFID



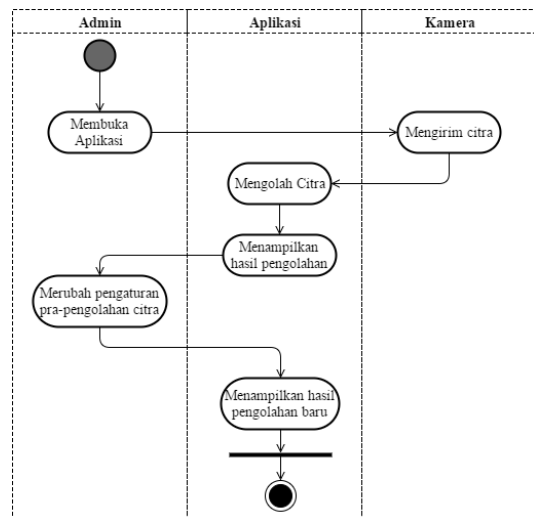
Gambar 4. Diagram aktivitas kelola database pelat nomor

D10 Arduino. LED status menggunakan antarmuka digital di D2, D8 dan D12.

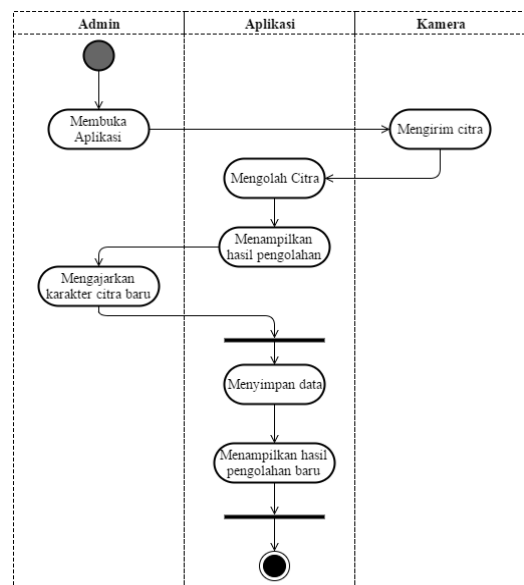
Desain perangkat lunak sistem dinyatakan dalam diagram aktivitas tiap kasus dalam Gambar 1. Diagram tersebut menunjukkan interaksi aktor-aktor yang terlibat dalam sistem. Diagram aktivitas tersebut meliputi diagram aktivitas kelola basis data RFID (Gambar 3), aktivitas kelola basis data pelat nomor (Gambar 4), aktivitas kelola basis data keluarga (Gambar 5), aktivitas pengaturan pra-pengolahan citra (Gambar 6),



Gambar 5. Diagram aktivitas kelola database keluarga

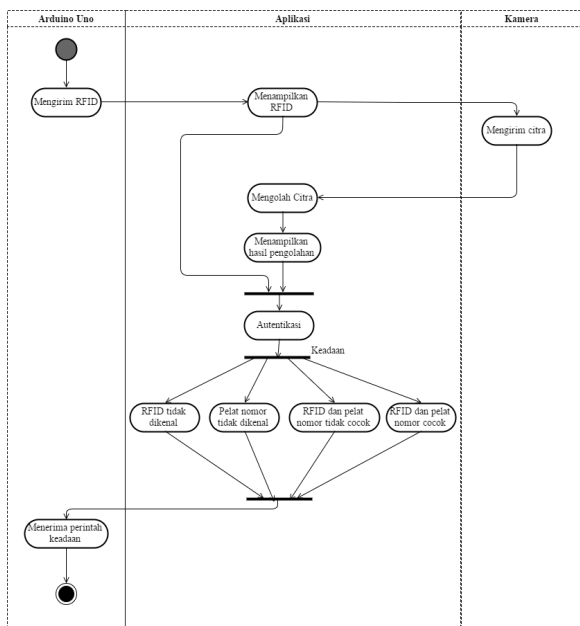


Gambar 6. Diagram aktivitas mengatur pra-pengolahan citra



Gambar 7. Diagram aktivitas kelola pengenalan karakter citra

aktivitas kelola pengenalan karakter citra (Gambar 7), dan aktivitas autentikasi (Gambar 8).



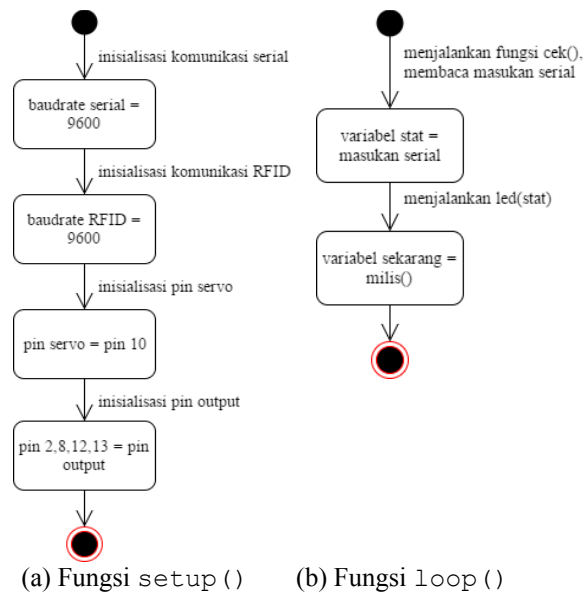
Gambar 8. Diagram aktivitas autentikasi



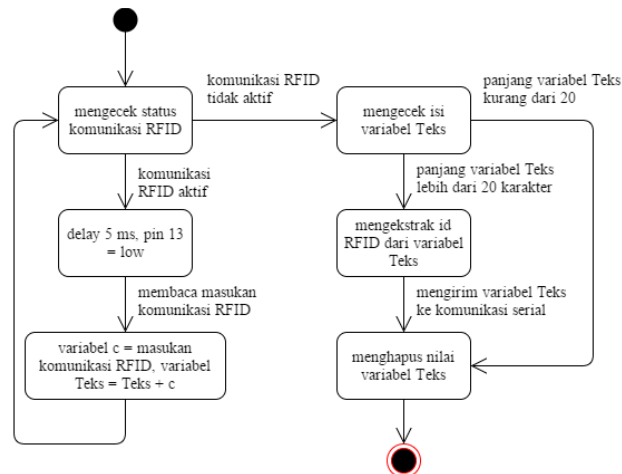
Gambar 9. Statechart program utama Arduino

Desain perangkat lunak di Arduino ditunjukkan dalam statechart seperti dijabarkan dalam Gambar 9 sampai Gambar 13. Program utama terdiri atas prosedur `setup()` dan `loop()` seperti ditunjukkan dalam Gambar 9. Prosedur `setup()` seperti Gambar 10(a) dijalankan sekali dan melakukan fungsi untuk inisialisasi komunikasi serial asinkron, yaitu dengan baud rate 9600 bps, inisialisasi pin servo dan inisialisasi pin keluaran LED. Prosedur `loop()`, seperti ditunjukkan Gambar 10(b), dijalankan berulang oleh mikrokontroler dan melakukan pengecekan id dari pembaca RFID dengan menjalankan fungsi `cek()` dan menyatakan status di LED dengan menjalankan fungsi `LED()`.

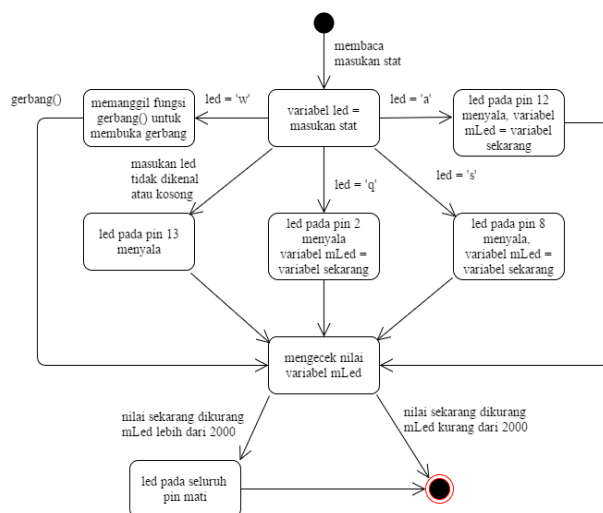
Fungsi `cek()` apakah ada kartu RFID yang terdeteksi. Jika ada, fungsi ini mengambil informasi id dari tag tersebut. Id tag diambil jika panjangnya lebih dari 20 karakter. Statechart fungsi `cek()` ditunjukkan dalam Gambar 11. Fungsi ini akan mengambil data serial hasil pengolahan citra nomor kendaraan dari



Gambar 10. Statechart prosedur dalam program utama



Gambar 11. Statechart fungsi `cek()`

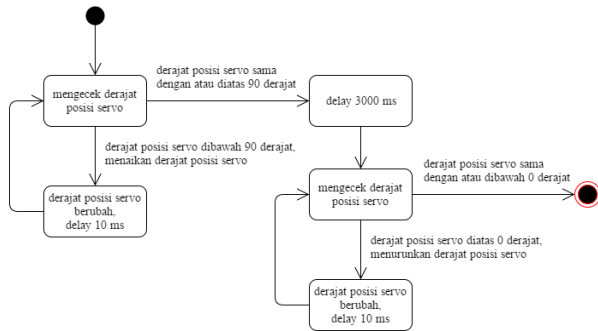


Gambar 12. Statechart fungsi `LED(led)`

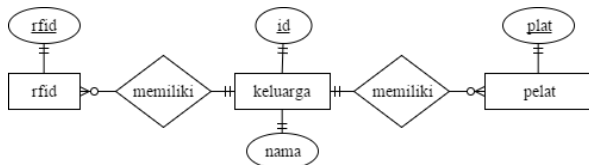
komputer. Hasil pengecekan disimpan dalam variabel `stat` yang diumpangkan ke fungsi `LED()`. Variabel ini menunjukkan empat keadaan, yaitu RFID tidak dikenal,

Tabel 1. Hasil Pengujian Reaksi Arduino

Nilai stat	Reaksi Arduino
a	Led kuning redup (pin 12) menyala
s	Led kuning terang (pin 8) menyala
q	Led biru (pin 2) menyala
w	Motor servo bergerak
Karakter lain	Tidak terjadi apa-apa



Gambar 13. Statechart fungsi gerbang ()



Gambar 14. ERD basis data parkir

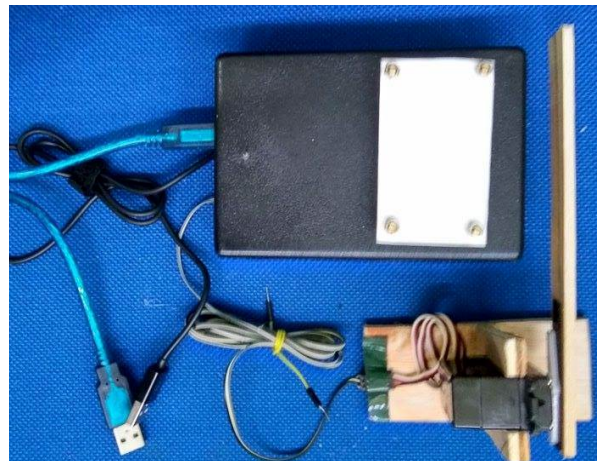
pelat nomor tidak dikenal, RFID dan pelat nomor tidak cocok serta RFID dan pelat nomor cocok. Aksi dari fungsi ini ditunjukkan dalam Tabel 1.

Fungsi LED(stat) menyatakan nilai stat ke dalam penyalan LED status kesalahan, seperti ditunjukkan dalam Gambar 12. Jika RFID sesuai dengan yang tersimpan di database, stat bernilai 'w' (pelat dan RFID cocok) dan fungsi ini memanggil fungsi gerbang(). Fungsi gerbang() berfungsi untuk membuka gerbang seperti ditunjukkan dalam statechart di Gambar 13.

Basis data akan menyimpan daftar RFID, pelat nomor dan nama keluarga yang telah didaftarkan. Informasi yang tersimpan dalam basis data ini digunakan dalam proses autentikasi penggunaan kendaraan berdasarkan keluarga, RFID dan nomor pelat kendaraan. Diagram hubungan entitas (ERD) ditunjukkan dalam Gambar 14.

Perangkat keras yang dihasilkan adalah berupa purwarupa kotak pembaca RFID dan gerbang parkir seperti ditunjukkan dalam Gambar 15. Kotak pembaca RFID memiliki papan Arduino Uno, modul RDM6300 sebagai pembaca RFID, jalur motor servo sebagai pembuka gerbang dan 3 buah lampu LED sebagai penanda status.

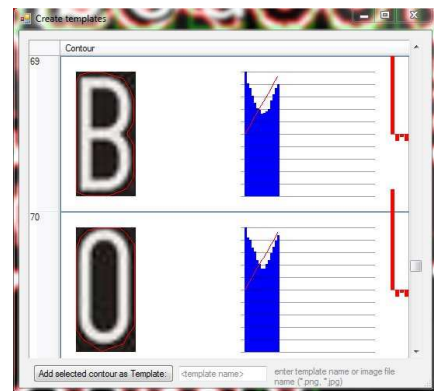
Aplikasi pengenalan nomor pelat dimulai dengan akan menampilkan halaman utama seperti ditunjukkan dalam Gambar 16. Pada halaman utama ini terdapat beberapa fungsi fungsional antara lain tabel pelat untuk menyimpan data pelat, tabel rfid untuk menyimpan data RFID, tabel fam_id untuk menyimpan data keluarga, citra dari kamera, pengaturan pra-pengolahan



Gambar 15. Purwarupa sistem parkir otomatis



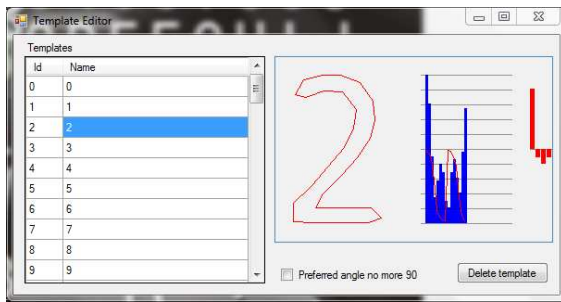
Gambar 16. Tampilan halaman utama



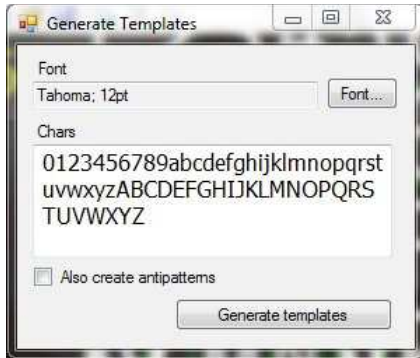
Gambar 17. Tampilan jendela Create template

citra, pengaturan pengenalan karakter citra, menampilkan hasil pengolahan citra, dan menampilkan pembacaan RFID. Pada halaman utama juga terdapat beberapa tombol-tombol fungsi, di antaranya tombol tambah dan hapus nomor pelat, tambah dan hapus RFID, hapus RFID, serta tambah dan hapus keluarga. Tombol-tombol untuk pengenalan pelat yang tersedia adalah tombol recognize image, new template, open template, save template, auto generate dan template viewer.

Tombol new template berfungsi membuat template pengenalan citra baru. Ketika ditekan, tombol memunculkan jendela Create template seperti ditunjukkan dalam Gambar 17. Pada jendela ini, admin mengenalkan karakter citra dan menambahkannya pada



Gambar 18. Tampilan jendela *Generate template*



Gambar 19. Tampilan jendela *Generate template*

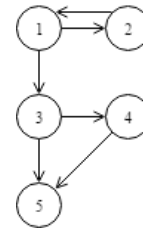
template yang sedang digunakan. Template dapat dilihat dengan menekan tombol *template viewer*. Tombol ini akan memunculkan jendela *Template editor* seperti ditunjukkan Gambar 18. Admin mampu melihat dan menghapus karakter citra yang tersimpan di *template*.

Tombol *auto generate* digunakan untuk membuat template berdasarkan huruf yang tersedia di media penyimpanan komputer. Ketika ditekan, tombol ini memunculkan jendela *Generate template* seperti ditunjukkan dalam Gambar 19. Pada *form* ini, admin mengenalkan karakter citra berdasarkan *font* yang dipilih dan menambahkannya pada *template* yang sedang digunakan.

Sistem parkir telah mampu memenuhi kebutuhan fungsional, yaitu mampu memberikan umpan balik pada pengguna jasa parkir. Pemberian umpan balik dilakukan oleh Arduino dengan cara menyalakan LED indikator atau membuka gerbang. Arduino telah mampu bereaksi terhadap masukan komunikasi serial yang berfungsi untuk memberikan umpan balik bagi pengguna jasa parkir sesuai dengan Tabel 1.

Pengujian pada perangkat lunak Arduino menggunakan metode *white box* yang menguji fungsi-fungsi yang ada pada aplikasi secara rinci jalur logikanya. Pengujian hanya dilakukan pada fungsi-fungsi yang membutuhkan suatu kondisi dengan cara memberikan perumpamaan kasus. Fungsi-fungsi itu adalah fungsi *cek()* dan fungsi *LED(stat)*. Alur pengujian tiap fungsi ditunjukkan dalam *flowgraph*.

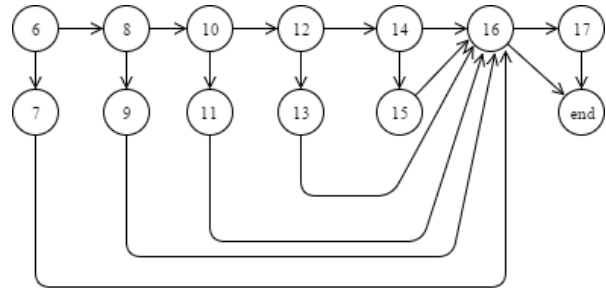
Gambar 20 merupakan *flowgraph* fungsi *cek()*. Berdasarkan *flowgraph* tersebut dihitung nilai *cyclomatic complexity*, $V(G)=E-N+2$, dimana E merupakan jumlah Edge, N merupakan jumlah node, sehingga menghasilkan $V(G)=6-5+2=3$. Hasil $V(G) = 3$



Gambar 20. *Flowgraph* fungsi *cek()*

Tabel 2. Jalur pengujian fungsi *cek()*

Tahapan	Skenario	Hasil
1-2-1-3-4-5	RFID menerima data, panjang data RFID lebih dari 20 karakter	Mengirim id RFID melalui jalur serial.
1-2-1-3-5	RFID menerima data, panjang data RFID tidak lebih dari 20 karakter.	Mengabaikan masukan data dari RFID
1-3-5	RFID tidak mengirim data	Tidak terjadi apa apa



Gambar 21. *Flowgraph* fungsi *LED(stat)*

menunjukkan sebuah program sederhana, tanpa banyak risiko. Berdasarkan $V(G)=3$ maka dibuatlah 3 jalur skenario yang ditunjukkan pada Tabel 2. Berdasarkan pengujian tersebut, perangkat lunak Arduino sudah berjalan sebagaimana mestinya.

Gambar 21 merupakan *flowgraph* fungsi *LED(stat)*. Berdasarkan *flowgraph* tersebut dihitung nilai *cyclomatic complexity*, $V(G) = E-N+2 = 18-13+2=7$. Hasil $V(G) = 7$ menunjukkan sebuah program terstruktur, tanpa banyak risiko. Berdasarkan $V(G)=7$ maka dibuatlah 7 jalur skenario yang ditunjukkan pada Tabel 3. Berdasarkan pengujian tersebut, perangkat lunak Arduino sudah berjalan sebagaimana mestinya. Sistem telah mampu untuk melakukan identifikasi kartu RFID dan memberikan respons seperti halnya yang digunakan dalam [1]-[8].

Hasil pengujian pengolahan citra dengan menggunakan algoritma *template matching* dengan analisis kontur ditunjukkan dalam Tabel 4. Secara umum, nomor pelat kendaraan dapat dikenali oleh sistem ini, seperti halnya [14], [15]. Citra yang diuji diambil oleh kamera dengan jarak 3 m sejajar kotak pembaca RFID, 1 m tegak lurus kotak pembaca RFID, 50 cm dari tanah dan kemiringan 36° menghadap bumi. Citra pelat nomor yang digunakan adalah citra pelat nomor depan kendaraan pribadi. Ukuran pelat nomor menggunakan ukuran standar yang ditetapkan kepolisian yaitu panjang 43 cm dan lebar 13,5 cm.

Tabel 3. Jalur pengujian fungsi LED (stat)

Tahapan	Skenario	Hasil
6-8-10-12-14-16-17-end	Serial tidak menerima data, LED menyala lebih dari 2 detik	Semua lampu LED mati
6-8-10-12-14-16-end	Serial tidak menerima data, lampu LED menyala kurang dari 2 detik	Semua lampu LED yang menyala tetap menyala, dan yang mati tetap mati
6-8-10-12-14-15-16-end	Masukan serial = tidak dikenal	Tidak terjadi apa-apa
6-8-10-12-13-16-end	Masukan serial = 'w'	Servo bergerak membuka gerbang
6-8-10-11-16-end	Masukan serial = 'q'	Lampu LED pin 2 menyala
6-8-9-16-end	Masukan serial = 's'	Lampu LED pin 8 menyala
6-7-16-end	Masukan serial = 'a'	Lampu LED pin 12 menyala

Tabel 4. Hasil pembacaan pengolahan citra

Nomor Pelat Nomor	Hasil Pembacaan Pengolahan Citra	Kesalahan pembacaan
H9013EP	H9013EP	-
H7259TC	H72590TC	Karakter lebih: 0
H9132EZ	H9132	Karakter kurang: EZ
H9048SZ	H9048SZ	-
H7759QG	H7759QG	-
H9438PZ	438PZ	Karakter kurang: H9
H8677LF	H8677LF	-
H8737WR	H8737WR	-
H8310XX	H310XX	Karakter kurang: 8
H9168QY	H9168QY	-

Warna pelat yang digunakan untuk kendaraan pribadi adalah warna dasar hitam dengan warna tulisan putih, dan warna dasar putih dengan warna tulisan merah. Pembacaan pengolahan citra dalam sistem dilakukan secara *real-time*.

Keberhasilan pembacaan pengolahan citra dihitung berdasarkan persentase jumlah pembacaan berhasil dibandingkan jumlah percobaan. Keberhasilan pembacaan citra adalah sebesar 60%, yaitu 6 kali pembacaan berhasil dari 10 kali percobaan. Hasil ini adalah seperti sistem pembaca citra secara *real-time* dan *online* di penelitian [10]-[13], yang berkisar antara 60-80%. Pengujian secara *off-line* menggunakan algoritma *template matching* di [15] menghasilkan akurasi 85% dan dengan jaringan syaraf tiruan di penelitian [16] dan [17] menghasilkan akurasi yang lebih baik, yaitu 90% dan 97,1 %. Perbaikan algoritma pengenalan citra dalam sistem dapat dilakukan menggunakan jaringan syaraf tiruan.

Keberhasilan pembacaan nomor pelat juga dipengaruhi oleh jarak baca (kamera dan pelat) dan intensitas cahaya, yaitu antara 40 - 100 cm [10],[12]. Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian jarak baca. Pengujian dilakukan dengan cara memberi masukan

Tabel 5. Hasil pengujian jarak baca

No	Jarak (cm)	Hasil (%)
1	60	91
2	75	83
3	100	28

Tabel 6. Hasil pengujian jarak baca

No	Parameter	Hasil
1	Jumlah	100 bingkai
2	Kecepatan maksimal	6 milidetik
3	Kecepatan minimal	271 milidetik
4	Kecepatan rata-rata	131,89 milidetik

citra pelat nomor sebanyak 100 bingkai untuk tiap jarak, lalu nilai akan bertambah jika pembacaan benar. Masukan citra diset sedemikian rupa untuk meminimalkan derau. Masukan citra diambil dengan sudut 90⁰ dan ketinggian 50 cm dari tanah. Pengujian dilakukan terhadap tiga jarak, yaitu 60 cm, 75 cm, dan 100 cm. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, diambil kesimpulan bahwa jarak 60 cm merupakan jarak terbaik di antara 3 jarak tersebut, seperti yang didapatkan oleh Elisya [12], yaitu sebesar 90% di jarak 40 cm. Hasil ini menegaskan keberhasilan pembacaan pelat sebesar 60% (Tabel 4) karena jarak yang digunakan untuk menguji adalah 3 m. Jarak sejauh 60 cm ini dalam penerapannya akan cukup sulit karena jarak yang terlalu dekat.

Tabel 6 menunjukkan parameter pengujian kecepatan pembacaan. Pengujian kecepatan pembacaan dilakukan dengan cara menghitung selisih waktu baca tiap bingkai jika pembacaan sesuai, jika pembacaan citra tidak sesuai maka selisih akan diakumulasikan hingga pembacaan sesuai. Pengujian kecepatan pembacaan dilakukan hingga 100 kali terbaca benar. Citra masukan yang digunakan adalah citra dengan jarak 60 cm. Berdasarkan hasil pengujian tersebut didapat kecepatan baca rata-rata yaitu 131,89 milidetik. Proses pembacaan pelat yang cukup cepat tidak akan menjadi beban bagi sistem untuk mendapatkan kenyamanan parkir kendaraan seperti tujuan penerapan sistem parkir otomatis dalam [3], [4] dan [7]-[9], namun dengan memperoleh peningkatan keamanan.

Pengujian dilakukan terhadap aplikasi secara keseluruhan untuk menilai apakah aplikasi yang diinginkan sudah sesuai dengan spesifikasi fungsional Skenario pengujian dilakukan untuk menguji implementasi sistem parkir otomatis berdasarkan RFID dan identifikasi nomor pelat kendaraan secara fungsional sesuai dengan diagram aktivitas dalam Gambar 3 sampai Gambar 8. Hasil pengujian telah menunjukkan bahwa semua kebutuhan fungsional yang dinyatakan dalam Gambar 1 telah dapat dipenuhi oleh sistem.

IV. KESIMPULAN

Sistem parkir yang menggunakan bekerja berdasarkan autentikasi RFID dan hasil pengenalan citra pelat nomor kendaraan telah berhasil dikembangkan untuk meningkatkan keamanan sistem. Sistem telah mampu memberikan otorisasi pengguna parkir gedung

privat yang mempunyai kartu RFID dan nomor kendaraan yang telah terdaftar. Pembacaan RFID dan pelat yang cepat akan mampu mengurangi antrian untuk parkir.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. H. Rachmat, and G. A. Hutabarat, "Pemanfaatan Sistem RFID sebagai Pembatas Akses Ruang," *Jurnal ELKOMIKA*, vol. 2, no. 1, pp. 27–39, 2014.
- [2] M. Chamdun, A. F. Rochim, and E. D. Widiyanto, "Sistem Keamanan Berlapis pada Ruang Menggunakan RFID (Radio Frequency Identification) dan Keypad untuk Membuka Pintu Secara Otomatis," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 2, no. 3, pp. 187-194, 2014. [online]. doi:10.14710/jtsiskom.2.3.2014.187-194
- [3] E. Soni, K. Kaur, and A. Kumar, "Design And Development Of RFID Based Automated Car Parking System," *The International Journal of Mathematics, Science, Technology and Management*, vol. 2, no. 2, pp.6-8, 2013.
- [4] S. Santoso and M. Auliani, "Aplikasi Parkir Kendaraan Memanfaatkan Radio Frequency Identification (RFID)," in *Prosiding SNaPP: Sains dan Teknologi 4*, no. 1, pp. 405-410, 2014.
- [5] S. Wang, J. Tian, and D. Jia, "Research into a Wireless Smart Parking System", *Chemical Engineering Transactions*, vol. 46, 2015. [online]. doi:10.3303/CET1546041
- [6] R. Kurniawan, "Development of Electronic Parking System using RFID (Radio Frequency Identification) Technology in UMS Area," Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2014.
- [7] H. Kurniawan, R. Suhatman, and Y. E. Putra, "Aplikasi Sistem Parkir Mobil dengan Pemilihan Blok Parkir pada Pusat Perbelanjaan Menggunakan Radio Frequency Identification (Studi Kasus Parkiran Mall Ciputra Seraya Pekanbaru)," *Jurnal Aksara Komputer Terapan*, vol. 3, no. 2, 2014.
- [8] K. Sushma, P. R. Babu, and J. N. Reddy, "Reservation based vehicle parking system using GSM and RFID technology," *International Journal of Engineering Research and Applications*, vol. 3, no. 5, pp. 495-498, 2013.
- [9] M. Patil, and V. N. Bhonge, "Wireless Sensor Network and RFID for Smart Parking System," *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, vol. 3, no. 4, pp.188-192, 2013.
- [10] D. Triyadi, "Sistem Otomatisasi Gerbang Dengan Pengolahan Citra Membaca Nomor Plat Kendaraan," Skripsi, Universitas Komputer Indonesia, 2014.
- [11] S. S. Wibisono, "Otomatisasi Sistem Keamanan Kendaraan Bermotor Berbasis Pengolahan Citra Pengenalan Karakter," Skripsi, Program Studi Teknik Elektro Unika Soegijapranata, 2014.
- [12] F. H. Elisya, R. D. Rahayani, and M. Diono, "Otomatisasi Gerbang Parkir Dengan Membaca Nomor Plat Kendaraan," *Jurnal Aksara Elementer*, vol. 5, no. 1, 2017.
- [13] R. V. Imbar, and R. Arianto, "Manajemen Parkir Menggunakan Mikrokontroler dan Pengenalan Citra Plat Nomor Kendaraan," *Jurnal Informatika*, vol. 10, no. 2, Desember 2014.
- [14] M. G. Gumelar, I. Fibriani, D. Setiabudi, and B. Supeno, "Analisis Sistem Pengenalan dan Keamanan Kriptografi Hill Cipher pada Plat Nomor Kendaraan Menggunakan Metode Template Matching," in *Prosiding Seminar Nasional ReTII*, Maret 2016.
- [15] F. Kurniawan, M. Shafry, M. Rahim, and N. Sholihah, "Characters Segmentation of Cursive Handwritten Words based on Contour Analysis and Neural Network Validation," *Journal of ICT Research and Applications*, vol. 5, no. 1, pp. 1–16, 2011.
- [16] H. Fitriawan, O. Pucu, Y. Baptista, "Identifikasi Plat Nomor Kendaraan Secara Off-line Berbasis Pengolahan Citra dan Jaringan Syaraf Tiruan," *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 6, no. 2, Mei 2012.
- [17] D. Avianto, "Pengenalan Pola Karakter Plat Nomor Kendaraan Menggunakan Algoritma Momentum Backpropagation Neural Network," *Jurnal Informatika*, vol. 10, no. 1, Jan 2016.
- [18] RDM6300 125kHz Card Reader Module. [Online]. Available: <http://wiki.itheadstudio.com/RDM6300>. [Accessed: 3 Juli 2017]